お客様のための技術情報誌

No.25

ESPEC Technology Report 2001 Spring

ESPEC技術情報

◆特集…信頼性試験

CONTENTS

タバイ エスペック 株式会社

ガス腐食試験による鉛フリーはんだめっき評価

青木　雄一*I　永井　孝幸*II　片柳　寛子*I　田中　浩和*I

電子部品などが受ける環境ストレスの一つにガス腐食がある。この評価のために行われるガス腐食試験は信頼性向上の要素の一つといえる。ガス腐食性は周囲環境の温度、湿度によって異なり、ガス濃度とあわせて市場再現性、加速性の検討がなされており、試験方法は公的規格がいくつか示されている。
本報告では、近年実用化が迫られている鉛フリーはんだめっきについてガス腐食試験を行い、外観変化、ぬれ性、表面分析を行ったので報告する。

1. はじめに

電子部品は、自動車・家電製品・情報機器などに用いられ幅広い環境条件で使用されている。使用環境下においては、温度、湿度、振動、圧力、腐食性ガスなど様々な影響があり、特に、腐食性ガスの場合は、臨海工業地帯、パルプ・製紙工場・温泉地域などのような環境が主な発生源とされている。さらに、生産拠点の海外移転により環境条件も厳しくなり、輸送中のダンボールから発生するアウトガスの影響なども考える必要がある。腐食は材料がさらされる環境と反応するときに発生する損耗と考えられる。腐食による経済的損失は多大であり、それを防止することは信頼性向上の要素の一つである。一方、廃棄物から溶出する鉛が、人体に悪影響を及ぼすことから、世界的に鉛フリーはんだの実用化段階に差しかかっている。これらの報告の中で、鉛フリーはんだの一部は従来のSn-Pbめっきとの組み合わせで、信頼性上の問題があることが指摘されており、はんだめっきに対する鉛フリー化が求められている。はんだめっきの代替えとして考えられているのが、Sn-Ag、Sn-Bi、Sn-Cu、Sn-Znなど数種のめっきである。

これらの添加金属にはガス腐食性の懸念される銀、銅などがわずかではあるが含まれており、単一金属でのガス腐食性は報告されているが、鉛フリーはんだめっきのような2元素の合金ガス腐食性評価の報告は少ない。そこで、鉛フリーはんだめっきの耐腐食ガス性を確認するために、鉛フリーはんだめっきであるSn-Ag、Sn-Cuと従来のはんだめっきであるSn、Sn-Pbをそれぞれ比較、検討した。

2. ガス腐食試験方法と規格

2-1 環境条件と腐食の関係

ガス腐食現象は、湿度による水分へのガスの溶解とpH変化、局部的な金属の腐食などさまざまな形態や現象が発生している。このような複雑な接触部の腐食に対し、使用金属材料、環境条件を整理して試験を実施し、また、評価方法では腐食の程度を電気抵抗により定量的に比較する方法も考えられている。腐食性ガスの発生源としては、屋外環境で発生する外気ガス（例えば、工業地帯で発生するSO_xやNH_3、温泉地帯に発生するH_2Sなど）が主であったが、最近、製品内で使っている材料や梱包材から発生するガスによって、スイッチ、コネクタ、ソケットなどの接触信頼性への影響が問題となっている。また、電子機器の携帯化、密閉化構造により腐食ガス成分を含んだ結露が発生し、腐食反応の進行要因となっている。

腐食は金属の表面に吸着した水にガスが溶解し、pH変化、局部的な腐食を引き起こす。そのため、水の吸着量が腐食の度合いに影響し、腐食の再現性、加速要因として、湿度雰囲気の重要性があげられる。[1] 特に、湿度60～70%RHの間で急激に吸着量が上昇し始めるため、腐食増大範囲とされることが多く、腐食試験においては上記の湿度条件以上で有効な結果を得ることができる。

2-2 ガス腐食試験規格と試験方法

接触部の腐食は、電子回路における電子機器のスイッチ、コネクタ、接続端子部に接触不良を引き起こす。電子部品の腐食が結露、塵埃、そして腐食性ガスの3つの要因が共存したときに起こることから、いろいろな腐食性ガス試験が考案され規格化されている。ガス腐食試験として代表的なガスはH_2S(硫化水素)、SO_2(二酸化硫黄)、NO_2(二酸化窒素)、Cl_2(塩素)の4種である。また、単一ガスの腐食試験に加えて、腐食形態の異なる混合ガスについても試験条件が規格化されている。電子部品などでは、より市場再現性の高いppb(ppb：part per billion)レベルの低濃度で混合ガス試験を求める傾向も高まってきている。表１に主な試験方法を示す。

*I 環境試験技術センター 信頼性研究室　*II 同　宇都宮試験所

表1　ガス腐食試験規格一覧

試験規格		ガスの種類	ガス濃度(ppm)	温度(℃)	湿度(%R.H.)	試験時間(日)	備考
IEC 68-2-42 (JIS C 0090)			25±5	25±2	75±5	4,10,21	JISでは温度40±2℃, 湿度80±5%R.H.も併記
ISO 10062	Method A	SO_2	0.5±0.1	25±1	75±3	1,2,4,10, 20,30,90	
JIS H 8502			25±5	40±1	90±5	1,2,4,10	試験時間は他に4,8時間あり
			1000±50				

試験規格		ガスの種類	ガス濃度(ppm)	温度(℃)	湿度(%R.H.)	試験時間(日)	備考
IEC 68-2-43 (JIS C 0092)			10〜15	25±2	75±5	4,10,21	JISでは温度40±2℃, 湿度80±5%R.H.も併記
ISO 10062	Method B	H_2S	0.1±0.02	25±1	75±3	1,2,4,10, 20,30,90	
JIS H 8620			3±1	40±1	90±5	4,10,21	試験時間は他に4,8時間あり
			10±2				

試験規格		ガスの種類＆濃度（ppb） H_2S	SO_2	NO_2	Cl_2	温度(℃)	湿度(%R.H.)	試験時間(日)
IEC 68-2-60 (JIS C 0048)	Method 1 (試験方法1)	100±20	500±100	—	—	25±1	75±3	4,7,10, 14,21
	Method 2 (試験方法2)	10±5	—	200±50	10±5	30±1	70±3	
	Method 3 (試験方法3)	100±20	—		20±5		75±3	
	Method 4 (試験方法4)	10±5	200±20	200±20	10±5	25±1		
ISO 10062	Method C	100±20	500±100	—	—			1,2,4,10, 20,30,90
	Method D		200±50	—	20±5			
EIA-364-65A -1998	Class Ⅰ	クラスⅠのみ廃止						
	Class Ⅱ	10±5	—	200±50	10±3	30±2	70±2	3,7, 14,21
	Class ⅡA		100±20			30±1		
	Class Ⅲ	100±20	—		20±5	30±2	75±2	
	Class ⅢA		200±50			30±1	70±2	
	Class Ⅳ	200±20	—		30±5	40±2	75±2	

3. 試験方法

めっき条件、試験サンプル形状、試験条件を表2、図1、表3に示す。腐食性の比較のためSn、Sn-Pbめっきを同一環境にさらし、ガス腐食試験で評価を行った。

表2　めっき条件

めっき組成(wt%)	光沢	めっき厚	下地めっき
Sn-3Ag	無光沢	4μm	ニッケル 1〜2μm
Sn-1Cu	無光沢		
Sn	光沢		
Sn-20Pb(Ref.)	光沢		

素材	リン青銅
寸法	15×32×0.25（mm）

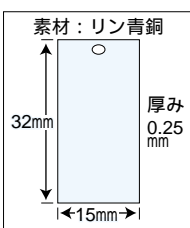



図1　試験サンプル

試験条件の設定に際しては、高温多湿のアジア環境を想定し、銀、銅の腐食性評価に用いられるガスを選定した。評価方法として、外観の変色による腐食レベルを、スキャナーを用い一定条件のもとで読み込み、目視による腐食の確認を行った。さらに、腐食レベルを数値化するために、画像をデジタル2階調化し、白黒の割合について初期品を基準として変色分布率を算出した。また、一定荷重による（荷重0.1N）接触抵抗測定により腐食膜による表面の変化を確認し、はんだとのぬれ性をメニスコグラフ法*1で評価した。また、SEM（走査電子顕微鏡）像によるめっき粒子の変化の確認を行い、元素分析によって腐食要因となる元素の同定を行った。

表3　試験条件

温度・湿度	40℃　80%RH
ガス種類（濃度）	H_2S (1ppm, 5ppm)　SO_2 (1ppm, 5ppm)
試験時間	100, 200, 300h

4. 結果と考察

4-1 外観観察結果

Sn-AgとSn-Cuの変色過程と画像処理による変色分布率変化を図2、3に示す。目視およびスキャナーによる変色と数値化した変色分布率は、相関を示す傾向であり、この場合においては腐食の尺度として、画像処理による定量化がおよその目安として考えられる。変化の傾向はSn-Agめっきの変色が激しく、濃度が高いほど激しく変色していた。ガスの影響ではH_2Sによる変色が激しい傾向にあった。他方Sn、Sn-Pbについては、いずれのガスでもほとんど変化のない結果となった。

（a）ガス濃度1ppm

	Sn-Ag		Sn-Cu	
	H_2S	SO_2	H_2S	SO_2
初期				
100h				
200h				
300h		——		——

（b）ガス濃度5ppm

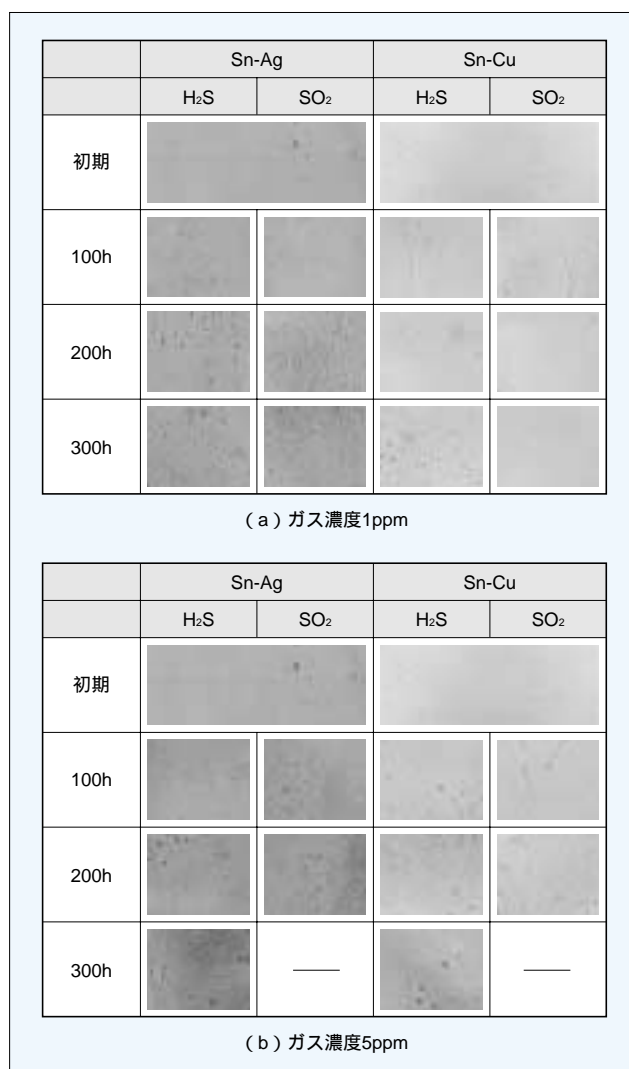



図2　腐食ガスによるめっき表面の変色過程

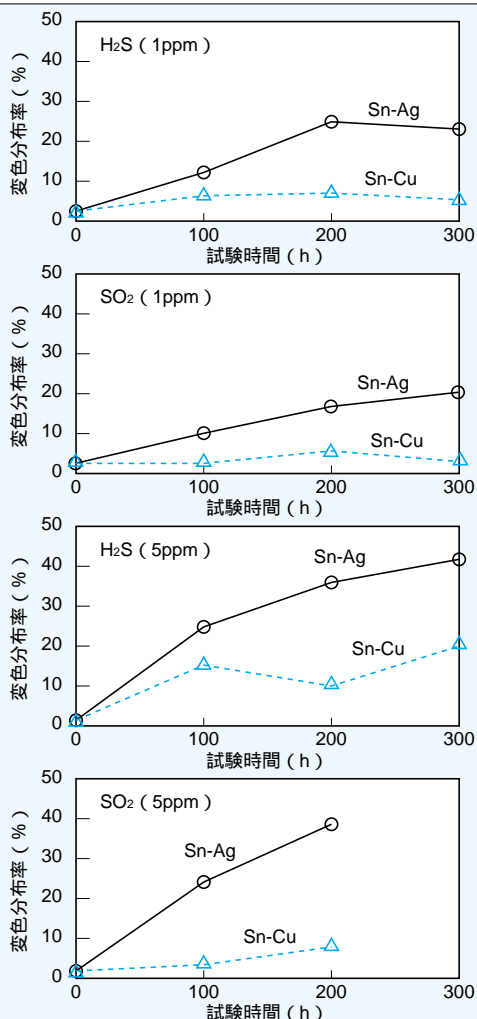



図3　腐食ガスによる変色分布率変化

4-2 接触抵抗測定結果

電子部品の銀接点などでは、腐食による接触抵抗値の増加が性能上の問題となることが多い。接触抵抗値の測定結果を図4に示す。変色は顕著に現れているが、接触抵抗値の変化はほとんど見られなかった。これは腐食皮膜が極めて薄い表面までにしか達しておらず、接触圧によって破断するためと推測される。

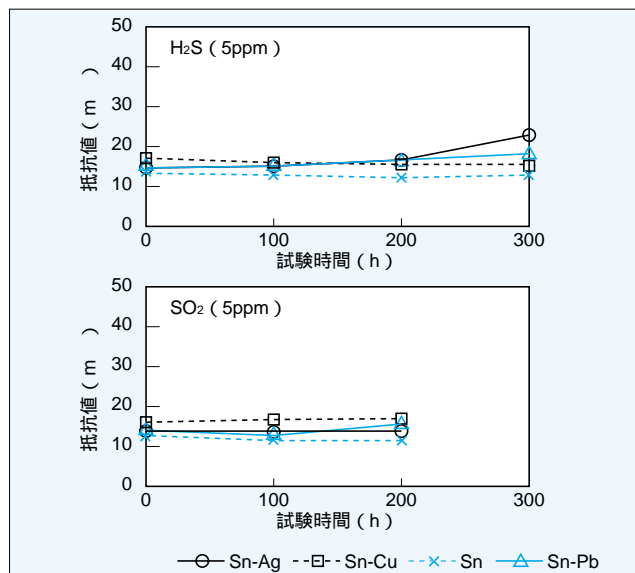



図4　ガス腐食による接触抵抗値の変化

4-3 ぬれ性試験結果

メニスコグラフ法によるぬれ性試験条件を表4に、試験結果を図5に示す。H_2S環境下では変色の傾向に反してSn-CuがSn-Agよりも劣る結果となった。これはCu、Agそれぞれの添加物の影響か、もしくはめっき析出形態による違いなどが推測される。

表4　メニスコグラフ試験条件

浸漬速度	10mm/s
浸漬深さ	5.0mm
浸漬時間	10s
はんだバス温度	245℃
はんだ	Sn-2.5Ag-1Bi-0.5Cu
フラックス	ロジン30%

変色、ぬれのいずれでも、200時間以降の変化はわずかなものと思われる。これらは酸化膜、硫化膜が障壁となるためと言われているが、Sn-Ag、Sn-Cuについては複合ガスが酸化剤として働くなど皮膜形成を加速するために直線則に変化する可能性が考えられる。[1]

ゼロクロスタイムは、試験片とはんだ浴との間に、反発力がある時間の指標を示す。したがって、ゼロクロスタイムが長いほど、ぬれが悪いと判断できる。

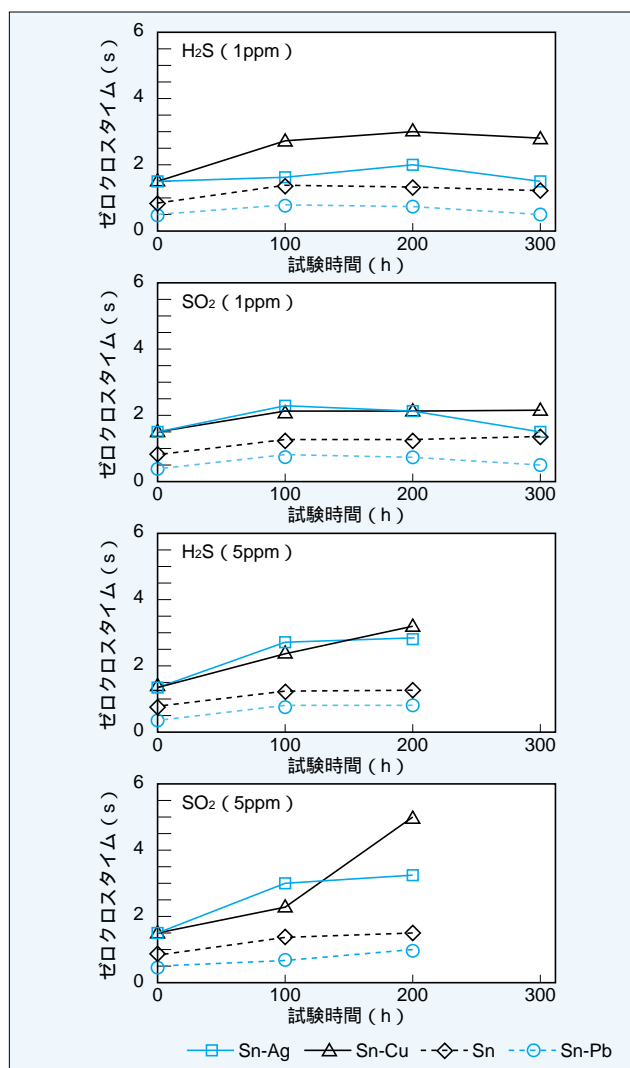



図5　腐食ガスによるぬれ性変化

4-4 表面分析結果

腐食状態は図6に示すようにめっき粒子全体に腐食皮膜が形成されていた。ガス腐食によるめっきの腐食膜厚は1nm～1μmとの報告が多く、粒子径もこれとほぼ一致しており、変色、ぬれにおよぼす原因はこの腐食皮膜によるものと考えられる。[2)、3)、4)]

試験前

試験後

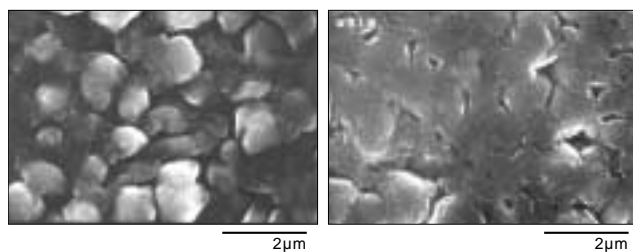



図6　Sn-Cuめっき表面のSEM像

GDS（グロー放電発光分光分析法*2）による腐食表面の元素分析結果を図7に示す。初期表面には見られなかったS（硫黄）が表面層のみに見られ、硫化によって腐食に至ったと思われる。

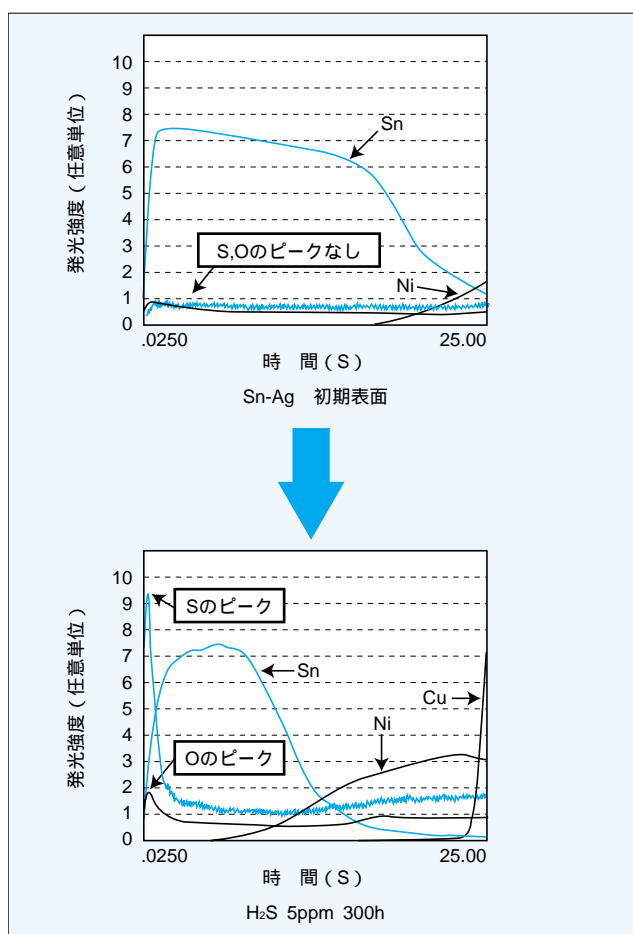



図7　GDS（グロー放電発光分光分析法）による分析結果

5. まとめ

鉛フリーはんだめっきに対して耐ガス腐食性を評価した結果、H_2S、SO_2の単体ガス環境下では、Sn-Ag、Sn-Cuめっきに腐食による変色が見られた。しかし、ぬれ性は従来Sn-37Pbに比べ劣るものの、現在のところ極端なぬれ性低下につながる結果とはならなかった。また、今後は市場環境を想定したCl_2, NO_2といった加速因子となるガスによる評価も必要と思われる。

6. 謝 辞

本試験を進めるにあたり、貴重なご意見、ご協力をいただいた第一電子工業技術開発部　森内裕之様、中野芳一様に心よりお礼申し上げます。

［用語解説］

＊1. メニスコグラフ法
試料を溶融はんだ浴に浸漬した際に試料が受けるはんだの表面張力の上下方向への力を検知して、これを時間に対して記録することによって、ぬれの時間的変化を調べる方法で、JIS C 0053に示されている。

＊2. グロー放電発光分光分析法（Glow Discharge Optical Emission Spectroscopy : GDS）
グロー放電のスパッタリングによりターゲットを発光させ、分光分析によって定性、定量分析を行う。材料の基本特性と相関させることで深さ方向の元素濃度が測定できるため、鋼工業の表面分析として利用されている。

〔参考文献〕

1）腐食防食協会：「材料環境学入門」、丸善、（1993）
2）中山昭広、他：「接点部品の硫化ガス試験に関する市場加速性の検討」、第27回日科技連信頼性・保全性シンポジウム発表報文集、P.243-248、（1997）
3）田中昌子、他：「アジアの環境に対応した混合ガス腐食試験方法の検討」、第26回日科技連信頼性・保全性シンポジウム発表報文集、P.137-142、（1996）
4）山下　央：「半導体パッケージ外装めっきのPbフリー化及びエージング処理の検討」、第29回日科技連信頼性・保全性シンポジウム発表報文集、P.23-26、（1999）

水晶振動子マイクロバランス法による鉛フリーはんだのイオンマイグレーション評価

田中　浩和*I　中村　誠*II　植田　文崇*II　吉原　佐知雄*III
白樫　高史*IV

近年、微小な質量変化を測定する手法として、水晶振動子マイクロバランス法（QCM）が注目されている。QCMは水晶振動子の圧電効果を利用した計測手法で、気相中、液相中においてナノグラムオーダーの質量変化を計測可能であり、微小腐食のリアルタイム測定に適用されている。
本研究では、電気化学的な腐食現象の一つであるイオンマイグレーション現象に対しQCMを適用し、鉛フリーはんだのイオンマイグレーション成長過程を解析した。その結果、従来の鉛はんだに比較し、鉛フリーはんだは耐マイグレーション性が高いことが判明した。このことは、鉛フリーはんだの主成分がスズのため、電極表面に安定な不動態皮膜を形成し、アノード*1（プラス）電極における金属溶解、カソード*1（マイナス）電極における金属析出を抑制したことによると考えられる。

1. はじめに

電子機器の小型化・高密度実装化による導体間の微細化、使用環境の多様化により、イオンマイグレーション現象発生による絶縁劣化故障が問題となっている。イオンマイグレーション現象（以下マイグレーションと呼ぶ）は、電気化学的な腐食現象の一つであり、電極間に吸湿や結露などで水が付着した状態で電界が印加されると、金属電極がアノード（プラス）電極における金属溶解、金属イオンの移動、カソード（マイナス）電極における金属析出を繰り返し電極間が短絡する現象である。特に、はんだなど合金系の腐食機構は複雑であり、表面皮膜の形成能力とその密着性、アノード溶解特性、電極電位など複雑に影響する[1]。この機構解明には、微量の金属溶解、金属析出を測定する手法が有効と考えられる。

従来、マイグレーション評価方法は、析出物の析出距離による絶縁性抵抗値変化など電気的特性に着目して、マイグレーション発生の有無を評価しているものであり、マイグレーション発生速度に大きく影響する電極の質量変化を定量的に測定はできない。

著者らは、これら電極の溶解・析出を微量検出する方法として、水晶振動子マイクロバランス法（Quarts Crystal Microbalance）を適用し、マイグレーション成長過程をリアルタイム測定する新たな実験装置を開発した[2、3]。

家庭や工場から排出される廃電子機器などは、現在、破砕処理のあとに鉄などが回収されるにとどまるリサイクルしか行われておらず、その多くはそのまま埋め立てられている。プリント配線板に使用される、はんだ成分中の鉛が酸性雨により溶出し地下水を汚染し、人体に悪影響を及ぼすことが問題視されており、鉛を含まない鉛フリーはんだの開発が進められている[4]。

本研究では、鉛フリーはんだの絶縁性評価としてQCMを用い、各種鉛フリーはんだ電解めっき（Sn-3.5Ag、Sn-5Bi、Sn-9Zn、Sn-0.9Cu）のマイグレーション成長過程について検討したので報告する。

2. 実験方法

2-1 QCMの原理[5、6]

QCMは、水晶振動子の圧電効果を利用して、水晶振動子表面で起こる微小な質量変化を、共振周波数変化として測定できる微量質量分析法である。

図１に、本実験で用いたQCM電極および測定用プローブを示す。水晶振動子の両側に金属電極を蒸着し、交流電圧を印加すると、水晶振動子は圧電効果により共振振動を起こすので、このときの共振周波数を測定する。共振周波数は水晶振動子表面で起こる物質の吸着や溶解に伴い変化するので、この変化を質量変化に換算できる。微小質量変化Δmと共振周波数の微小変化ΔfにはSauerbrey式が成り立つ。

$$\Delta m/\Delta f = -(\mu\rho)^{1/2}/(2f_s^2)$$

f_s :初期の共振周波数（Hz）
μ:水晶の剛性率 2.95×10^{11}（$g\cdot cm^{-1}\cdot s^{-2}$）
ρ:水晶の密度 2.65（$g\cdot cm^{-3}$）

ここで基本共振周波数5MHzの水晶振動子を使用した場合、今回の測定系では共振周波数変化100Hzの増加は質量変化約2.42μgの減少に対応し、マイグレーション発生時の微量の質量変化を検出可能である。

*I 環境試験技術センター 信頼性研究室
*II 宇都宮大学大学院 工学研究科
*III 宇都宮大学　助教授　*IV 同　教授

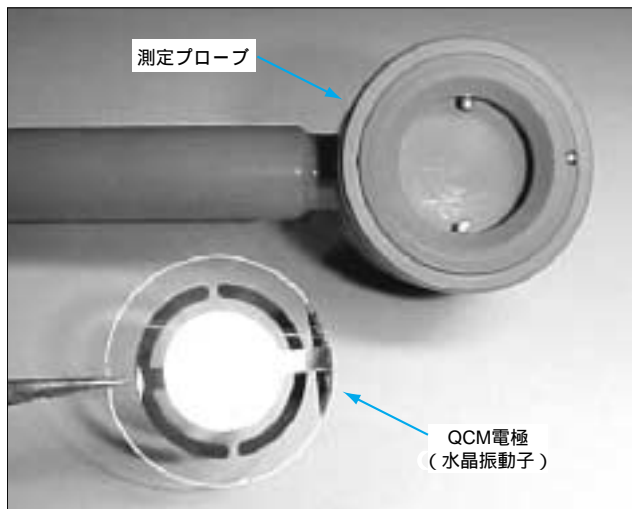



図1　QCM電極および測定プローブ

2-2 実験方法

表1に実験に用いた電極材料、鉛フリーはんだの組成を示す。作用極として、共振周波数5MHzのATカットクリスタル*2に金蒸着したものをQCM電極として使用し、めっき浴を用いて、各種鉛フリーはんだめっきを施した。対極には、直径3.0mmのスズ棒を用い、QCM電極と同じ組成の鉛フリーはんだめっきを施した。

表1　実験電極材料・鉛フリーはんだの組成

電極材質	作用極：ATカットクリスタル 対　極：φ3.0mm Sn棒
鉛フリーはんだ組成 (mass%)	Sn-3.5Ag Sn-9Zn Sn-5Bi Sn-0.9Cu Sn-37Pb（基準）
はんだめっき厚	作用極：約 2μm 対　極：約14μm

図2に実験装置の構成、図3に測定電極部拡大図を示す。電極間距離は、QCM電極と対極が接触した点を0mmとし、そこからマイクロメータにより0.3mm上昇させる。ここにイオン交換水1mLを滴下し、ポテンショスタット（北斗電工社製HA-301）を用いて1.5Vの直流電圧を印加し、常温（+25℃）においてQCM電極・対極間にマイグレーションを発生させた。このとき、QCM電極をカソード側またはアノード側としてQCM電極の共振周波数および電流値の経時変化を測定した。

溶存酸素の影響調査として、窒素雰囲気下での測定を行った。測定には、電極系全体をアクリルパイプで囲い外気を遮断した状態で、パイプ上部より窒素をフローし、下部より排出し十分に窒素フローを行い、窒素置換済みのイオン交換水を滴下し、空気中の場合と同様に比較実験を行った。また、測定後はSEM（走査電子顕微鏡：日立製S-4500）による表面観察およびEDX（エネルギー分散型X線分析装置：堀場製EMAX-5770）による表面分析を行った。

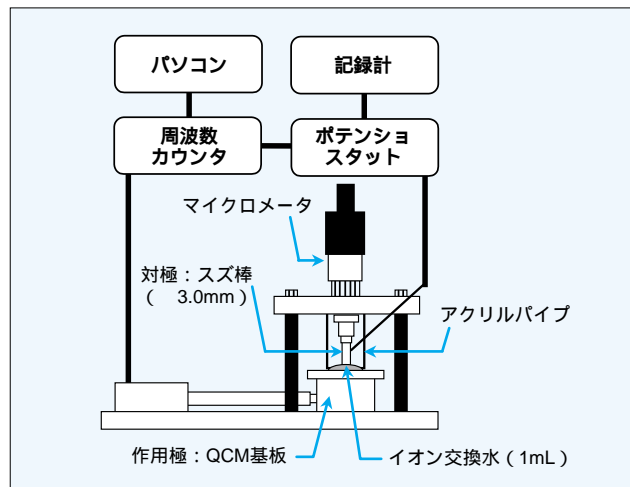



図2　実験装置の構成

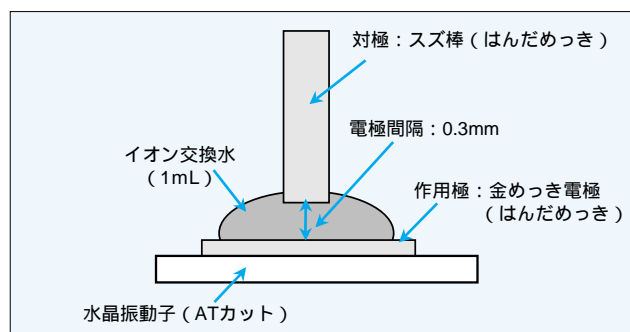



図3　測定電極部拡大図

3. 実験結果と考察

3-1 マイグレーション成長過程のQCMによる評価

図4に空気中と窒素雰囲気中での鉛フリーはんだのマイグレーション発生過程における電流値変化と共振周波数変化を示す。このとき、電流値の急激な増加はマイグレーションの成長により電極間が短絡したことを示し、共振周波数の増加は電極表面での金属溶出を示し、共振周波数の減少は金属、または金属酸化物の基板表面への析出の程度を示している。

共振周波数変化より、空気中、窒素雰囲気中の両環境とも電圧印加直後から徐々にアノード側では溶出が始まり、カソード側では析出が起こっている様子がわかる。その後、マイグレーションの成長に伴い、電流値が急激に増加し短絡に至った。

マイグレーション成長後の短絡時間から見ると、空気中ではSn-37Pb、Sn-5Bi、Sn-0.9Cu、Sn-3.5Agの順に発生しやすいが、Sn-9Znでは、測定時間内に短絡には至らなかったものもあった。一方、窒素雰囲気下では、Sn-9Znを除いて短絡時間が全体的に長くなる傾向を示した。

Sn-37Pbと鉛フリーはんだ系を比較すると、Sn-37Pbはマイグレーション発生時間が早く、鉛フリーはんだ系は比較的遅い傾向にあることがわかる。

共振周波数変化から見ると、空気中（溶存酸素存在下）では、窒素雰囲気中に比べ全体的に溶出量、析出量ともに増加する傾向にある。この原因として、溶存酸素の還元反応がマイグレーション発生のトリガ効果になったと考えられ[7]、はんだは酸素消費型の腐食と考えられる。

(1) 空気中　(2) 窒素雰囲気中

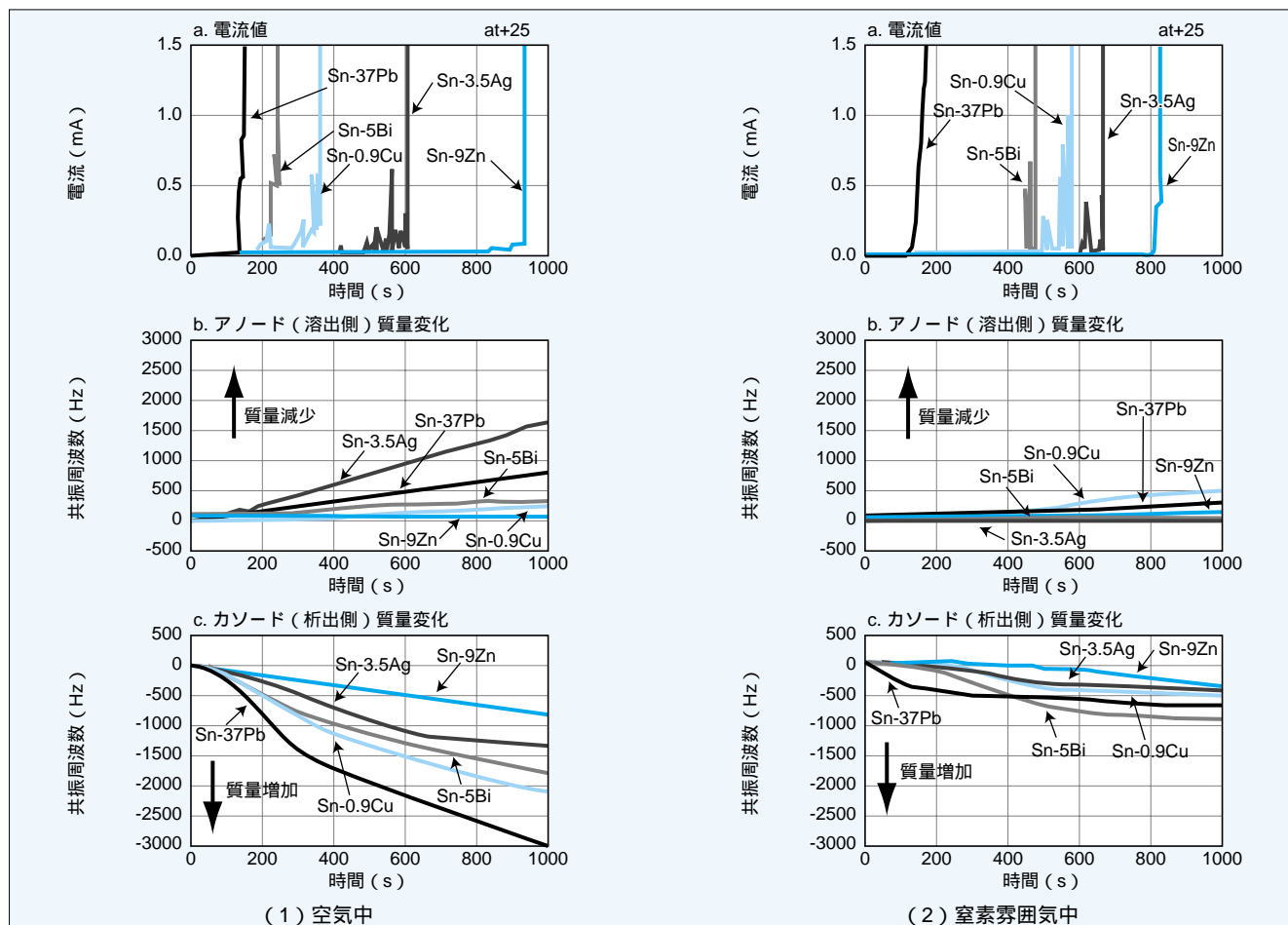



図4　マイグレーション成長過程の電流値・共振周波数変化

表2に各種はんだ材料の標準電極電位、図5にスズ、鉛のPourbaixの電位−pHダイアグラム[*3]を示す[8)]。溶存酸素存在下において、Sn-37Pbと比較しSn-3.5Agを除く鉛フリーはんだ系は、アノード溶解量、カソード析出量共に減少しているのは、この合金系が不動態皮膜形成によって、溶解、析出過程を抑制したと考えられる。また、Sn-3.5Agは、他のはんだに比較しアノード溶解量増加しているのは、この合金系の標準電極電位(E^0)の差が極めて広く、スズ(Sn)成分に対して、貴[*4]な銀(Ag)成分が合金化しているため、優先的にスズ(Sn)成分が溶解または金属酸化物を形成したと考えられる。

表2　各種はんだ材料の標準電極電位[8)]

	材　料	反　応	E°（Vvs.SHE）
卑	亜　鉛	$Zn^{2+}+2e^-=Zn$	-0.763
↑	ス　ズ	$Sn^{2+}+2e^-=Sn$	-0.138
	鉛	$Pb^{2+}+2e^-=Pb$	-0.126
	水　素	$2H^++2e^-=H_2$	0.000
	ビスマス	$Bi^{3+}+3e^-=Bi$	+0.215
↓	銅	$Cu^{2+}+2e^-=Cu$	+0.337
貴	銀	$Ag^++e^-=Ag$	+0.799

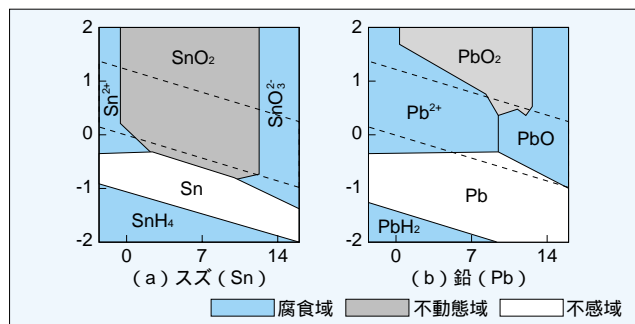



図5　スズ、鉛のPourbaixの電位−pHダイアグラム[8)]

図6にカソード表面のSEMによる観察結果を示す。Sn-37Pbにおいては、空気中、窒素雰囲気中とも析出形態は同様であり、多数の樹枝状のマイグレーションが電極表面に発生し、その析出物は鉛（Pb）成分であった。Sn-3.5Ag、Sn-5Bi、Sn-0.9Cuにおいては、直線状のマイグレーションが成長しており、空気中と比較し窒素雰囲気中では、細く棒状に電極表面に対して垂直方向に成長している様子が確認され、それらの析出物はSn成分であった。

一方、Sn-9Znにおいては、空気中の表面で析出物の成長が見られないのに対し、窒素雰囲気中では、シダ状の小さな析出物が多数観測され、その析出物には亜鉛（Zn）成分が、めっき直後の合金成分に比べ多く検出された。Sn-9Znは、Sn成分に対して卑[*4]なZn成分が合金化しており、Zn成分が優先的に溶解または酸化物を形成すると考えられる。Zn成分は空気中においてSn成分との酸化または金属塩皮膜を電極表面に形成しているが、窒素環境中では、この不動態皮膜の形成能力が低下し、Zn成分の溶解、析出過程が進行したと考えられる。

以上のことより、二元系合金はんだのマイグレーション成長は、溶存酸素による酸化皮膜形成能力と安定性、電極電位の差による選択的溶解特性などが関係すると考えられる。

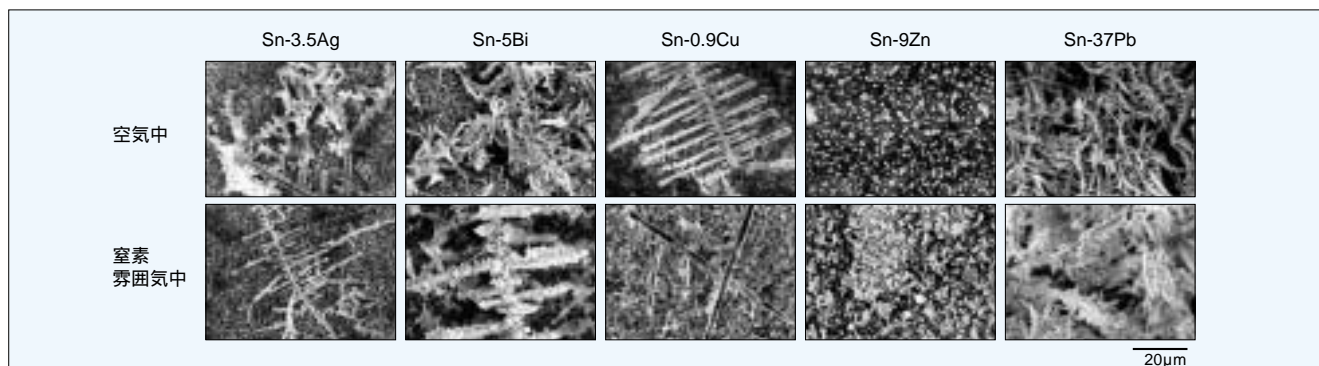



図6　マイグレーション発生状況SEM写真（カソード電極表面の実験1000秒後撮影）

4. まとめ

鉛フリーはんだの耐マイグレーション性評価として、QCMを用いてマイグレーション成長過程を解析した。主な結論は、以下の通りである。

（1）はんだのマイグレーション発生は、水分中の溶存酸素の影響による酸素消費型の腐食である。また、溶存酸素存在下では、Sn-37Pbと比較して鉛フリーはんだ系は、マイグレーション成長による短絡時間は遅く、全体的にアノード溶解量、カソード析出量が少ない傾向にある。このことは、鉛フリーはんだが、安定な不動態皮膜を形成したことによると考えられる。

（2）Sn-37Pbはんだのカソード側の析出物はPb成分であり、Pbの不動態域はSnと比較し狭く安定性が低いため、Pb成分が優先的に溶解、析出したと考えられる。一方、鉛フリーはんだのカソード側の析出物は主にSn成分であり、合金成分の電極電位差によるSnの選択的溶解と酸化物形成による。したがって、主成分がSnである鉛フリーはんだは、電極表面に形成したSn酸化皮膜が安定な不動態皮膜となり、合金成分のアノード溶解を抑制したと考えられる。

（3）以上のことより、二元系合金はんだのマイグレーション発生要因は、不動態域酸化皮膜の形成安定性に関係し、鉛はんだに比較し、Snが主成分である鉛フリーはんだは、安定な不動態皮膜を形成するため、耐マイグレーション性は高いと考えられる。しかしながら、印加電圧やフラックス残渣によるハロゲンイオン混入、リフロー処理による合金成分の表面偏析は、酸化皮膜の形成能力や密着性を低下させるため[9)、10)]、実際の使用環境要因を十分に考慮する必要がある。

（4）QCMを用いて、マイグレーション過程をアノード電極における金属溶解量、およびカソード電極における金属析出量に分けてリアルタイムに解析できることが明らかになった。ただし、本法は電極の質量変化に関しては知見が得られるが、マイグレーション形状に関しては外観観察など別の手法を併用する必要がある。

今後の課題として、本手法を用いた各種はんだ材料（溶融はんだ、クリームはんだ）の評価、プリント配線板内部への層間マイグレーションへの評価を実施中であり、今後報告する予定である。

5. 謝 辞

本研究を行うにあたり、実験に協力して頂いた宇都宮大学工学部　無機工業化学研究室の皆様、ならびに卒業生の鶴田加一氏（現　千住金属工業）、野中重嗣氏（現　三井金属鉱業）には、誌面を借りてお礼申し上げます。

［用語解説］

*1. **アノード、カソード**：アノードとカソードはファラデーに命名され、アノードはギリシャ語で「のぼり道」を意味し、カソードは「くだり道」を意味する。一般には、アノードとは電解質（溶液）に向かって電流が流れ出す電極であり、カソードは電解質から電流が流れ込む電極のことを言う。

*2. **ATカットクリスタル**：水晶振動子の結晶軸からの切削方位を表す用語。その他、BTカット、CTカット、DTカットなどがある。水晶振動子中で最も広く使われているのがATカットクリスタルで、温度変化に対する周波数の変化が小さい。

*3. **Pourbaixの電位－pHダイアグラム**：ベルギー腐食研究センター（CEBELCOR）のM.Pourbaix（プルベイ）が考案した水と平衡にある元素について、電位とpHとの関係を示した図。金属とその環境に対し、腐食域、不動態域、不感態域に分類し、腐食の有無に関し有力な指針となっている。

*4. **卑な金属、貴な金属**：標準電極電位に対する呼び方。卑金属は、酸化されやすい（イオン化しやすい）金属で、標準電極電位が低い金属を呼び、リチウムやアルミニウム、亜鉛などがある。一方、貴金属は腐食されにくい（イオン化しにくい）金属で、標準電極電位が高い。金や白金などがあたる。

〔参考文献〕

1）久松敬弘：「アノード反応の抑制」、金属防食技術便覧、日刊工業新聞社、P.35-39、（1971）
2）吉原佐知雄、プリント回路板上のイオンマイグレーションのQCMによる評価、表面技術、Vol.49-№11、P.58-62、（1998）
3）野中重嗣、手塚秀夫、中村　誠、鶴田加一、吉原佐知雄、白樫高史：「水晶振動子マイクロバランス法を用いたはんだのイオンマイグレーション過程の検討」、エレクトロ実装学会誌、Vol.2-№1、P.24-28、（1999）
4）須賀唯知：「NEDOプロジェクト鉛フリーはんだ規格化のための研究開発の概要」、RCJ会報、Vol.26、№3、P.12-17、（1999）
5）瀬尾眞浩：「水晶振動微量天秤法」、表面技術、Vol.45-№10、P.1003-1008、（1994）
6）瀬尾眞浩、石川雄一、本田　卓：「QCMとSAWによる微小腐食計測」、防食技術、Vol.39、P.697-708、（1990）
7）鶴田加一、吉原佐知雄、白樫高史：「プリント回路基板表面のマイグレーションに対する検討」、表面技術、Vol.48-№3、P.84-88、（1997）
8）Marcel Pourbaix : Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions、NACE、（1966）
9）田中浩和、中村　誠、植田文崇、吉原佐知雄、白樫高史：「QCM法による鉛フリーはんだのイオンマイグレーション過程に及ぼす要因解析」、エレクトニクス実装学会誌、Vol.3-№7、P.600-606、（2000）
10）田中浩和、中村　誠、植田文崇、山下美香、吉原佐知雄、白樫高史：「各種鉛フリーはんだ合金材料のマイグレーション発生に過程におけるQCMによる解析」、溶接学会Mate2001論文集、P.401-404、（2001）

気楽に読める「環境試験のポイント」(4)

山本　敏男＊

信頼性工学にも、何年か毎に流行・すたりがあるようです。電気・電子分野での今日の話題は、“ 鉛フリーはんだ ”です。電気･電子製品のはんだ接続から“ 鉛 ”が消えることは、地球環境汚染の観点からは望ましいことです。“ では、なぜはんだ接続から鉛を追放しなければならなくなったのか ” の根底が、この日本では、どうもおろそかにされているような気がしてなりません。そこのところを押さえなければ、環境保全の視点からは、産業廃棄物から鉛は消えても有害とされる新たな物質が課題になるだけで、真の課題は永久に消えていかないように思うのです。技術的課題というよりは、「人間共存のための信頼性」、あるいは「人としてのモラルの問題」である部分が非常に大きいと思うのです。
今回は、信頼性分野の一端に携わっている我々自身の勝手な思い込みや、いろいろな状況の見落としによって生じた失敗談を織り交ぜてご参考に供し、このシリーズの締めくくりとしたいと思います。

5. 試験条件の落とし穴

国が異なり地域が違えば、人為的な環境を含め自然環境も千差万別であろうことは推察できます。
これほどの情報化が進展した現在においても、個々の人々が実際に製品を使用する地理的状況や気象的な環境は、特に民生用製品については、個別的、局所的環境となることが多いために、全くといってよいほどその製品の供給者側では捕られないことに気がつきます。極端な話、南極大陸や北極地域といっても、常に寒風が吹いており風雪があるわけではありません。そこで運用される機器・装置であっても、常に象徴的な環境にさらされているとは限らないのです。例えば、空調設備の十分な観測室とか、意外と湿っぽい居住棟の中とか、全く極地環境とは無縁のそれこそ局地環境で稼動する製品だってあるのです。

それではまず、手前味噌になりますが、我々の失敗談を幾つかお話ししておきましょう。これらの要因は、その当時我々が、現実の相手国の事情を全くといっていいほど把握・理解していなかったために生じた事例です。(少々内容が古くなりますが、辛抱してください。)

5-1 輸送事情をよく知らなかったために生じた「かび」の発生事例

今から10年余り前の話ですから、諸事情が変わっているかも知れません。その当時、海外向けの製品については、基本的には半密封梱包を施していました。製品の工場出荷前には、試験装置内の試験室や配水管などから残留水分を抜き、乾燥空気を通気して乾燥させた後、水分吸着材を数カ所に配置し、ビニール袋で包み、その上から木箱梱包するというものです。
ところで、輸送方法については、通常、急ぐ場合には空輸、納期に時間があるときは船便の使い分けをしていました。今回は空輸、行き先はスウェーデン・ストックホルム。季節は夏から秋にかけて。(ただし、外界とは遮断されているとはいえ、基本的にビニール布は通気性を持っているし、隙間もないわけではありません。木箱も同様、隙間がないわけではありません。したがって、長期間輸送に適した方法とはいえません。)
さて、何事もなく現地に到着しているものと勝手に想像していたところに、クレームが飛び込んできました。製品が「かび臭い」と言うのです。最初、無機物の製品に「かび」とは、ピンときませんでした。何せ清潔好きの北欧人のことです、大変な剣幕でした。
何をさておき、とにかく手ぶらで飛んで行きました。現地に着いてみると、確かに製品が、特にグラスウール製の断熱材が湿って「かび臭く」、梱包材に「青かび」が付着していました(今となっては、このかびの名前も忘れてしまいました)。勿論「かび臭い」のは当然です。原因の調査はさて置き、こちらは手ぶらですから、現地スタッフと共にストックホルムの街中を走り回り、工具店を見つけ工具を入手し、さらに空調機材店を見つけ断熱材を仕入れ、客先で装置を分解し、必要な処置を施しました。それでも多少の匂いは残りましたが、とにもかくにもその場をしのぎました。そして当然、ペナルティーを支払う羽目になったのです。

＊技術企画室

後日、帰国して梱包から輸送に至る工程を調べました。その結果、

①製品が工場を出荷する時点では、製品の乾燥と水分吸着材の装着は十分だと判断されました。

②ビニール梱包と水分吸着剤の組み合わせも、そのこと自体、問題なし。

③木箱梱包は社内ではできず、社外の業者に依頼していました。そこで、その業者の仕事も調査したところ、ほぼ手順通りであることが判明しました。

さて、それでは何が不具合の原因であったのでしょうか。実は、木箱の材料と輸送事情にあったのです。

①まず木箱の材料です。当然、木材ではあるのですが、この木材は東南アジアからの輸入品だったのです。（もっとも、この時点ですでに梱包材に使えるような木材は国内にはなかったのかもしれません。）必要な処理はされたのでしょうが、結果として中途半端な処理であったことが、同時期の他製品の梱包材にかびとともに線虫が生息していることが発見されたことで明らかになりました。つまり、その当時の輸入木材の処理基準が、東南アジア産の木材に対しては非力であったこと。ここで処理の関門をすり抜けた生物は、条件さえそろえば繁殖が可能であったことによります。したがって、線虫もさることながら、そこに付着した「かびの胞子」が繁殖し、増殖することが可能であったと推測されます。

②一方、輸送の事情と言うのは、航空便であることから、製品は、直接目的地に短時間で、しかもストレートに到着するものと勝手に思いこんでいたのです。ところが、確かにアムステルダムの空港にはダイレクトに到着したのですが、スウェーデン・ストックホルムへの大型貨物便は、貨物が十分に蓄積されるまで飛ばないという事情があったのです。すなわち、空港に野ざらし状態で数日間放置されたのです。当然、気温はそれなりに上昇するし、霧は発生し雨は降ると言うわけで、木箱内へは湿気が侵入しても不思議ではありません。（すなわち、水分吸着材の機能で、ビニール布の内側がいくぶん低圧になっていたことがかえって災いしたのかも知れません。）

とにかく、「かび」にとってはちょうど快適な環境が生まれたと推察されました。

というわけで、上記①の原因と②の要因から「かび」が繁殖するという現象が生まれ、製品の断熱材にまで飛び火（かび）したというわけです。

まとめてみますと、

(1)原因は、基から断っておくべきであること。

(2)必要な局地環境のデータや現実の状況を事前に知ること。

(3)中途半端な処理は、むしろ弊害を生むことになる。

を学んだ事例でした。

5-2 局地環境を知らなかったために生じた「金属腐食」の例

この事例も局地環境を知らなかったがために生じたものです。

内槽壁兼断熱層としてウォータージャケットを装備したインキュベータのお話です。内槽壁を二重にしてその間に水を入れる構造を持った製品です。水は蒸留水あるいは少なくともイオン交換水を使用することが、取扱説明書に記されていました。この製品をスイスのある研究所に納入したのでした。しばらくすると、内槽の壁から水が漏れるというクレーム情報が届きました。

製品を引き取ってきた現地の販売会社の倉庫で観察すると、確かに水漏れの跡がありました。それも全てステンレス製の壁に、同じくステンレス製の棚支柱を電気スポット溶接した部分です。しかもその個所には、白色のざらざらした生渇きの粉末が付着しているではありませんか。

後日、スイスの代理店に依頼し、この粉末と残留水を分析してもらい、合わせて日本に持ち帰り分析したところ、主成分が塩分であることが判明しました。

確かに、取扱説明書ではイオン交換水を入れてくれるように表記してあったので、現地のユーザでも実行してくれたのですが、どうも水中の塩素が取りきれていないことが原因と推定されました。合わせてスポット溶接部分は溶接時点の高温度のため材質に組成変化が激しく生じ、相対的に周辺の素材に比較し急速に腐食が進んだものと、考えられるに至りました。

このような事情から、水漏れの原因をまとめると、

①まず、ヨーロッパでは、古くから塩は山岳地域の岩塩を活用していたことを学生時代の教科書か何かで知ってはいましたが、それ以上の事柄については考えてもいませんでした。したがって、飲料水といえども基本的には塩分を含んだミネラル水が源水であることもありうるとの考え方が欠落していたのです。（事実、ヨーロッパでは、ひざが悪く、杖をついているお年寄りを比較的多く見かけます。これは、高い濃度のミネラル水を長年上水として使用した結果だと聞いたことがあります）。

②純水製造装置の管理がそれほど悪くなくても、時間がたてばイオン交換器を通過した水とはいっても、多分に塩分を残留している可能性があること。

③もともと製品が軟水の多いことを前提とした日本国内仕様で製造されていたこと。

等が重なったと見るべきとの結論でした。よく観察してみると、ウォータージャケットを装備したこのタイプの製品はヨーロッパではほとんど見られず、そこをチャンスと見て、十分周囲環境を考慮せずに販売行動に出たことが仇となったものです。当然のことながら、このタイプの製品はその後販売停止となった次第です。

5-3 高度環境を考慮していなかったために生じた「装置機能不全」の事例

日常、我々が具体的な気圧に関心を持つのは台風情報を聞くときか、高い山に登頂するときぐらいでしょう。ましてや、環境試験装置が1,000mを越える研究所に持ち上げられることなど、全く考えていなかったのです。なぜかと言うと、そもそもそのような環境を地上で再現するのが環境試験装置であると認識していたわけです。

問題を起こした製品は、超加速耐湿性試験を行うHAST装置で、すなわち水蒸気圧が試験環境の全てなのです。この装置は、運転当初には槽内に大気と加湿用水があり、扉を閉めると大気圧に開口しているのは小さなオリフィスを持つ排気用電磁弁一つで、この弁を閉じれば、試験空間である槽内は外界と隔離された完全密閉状態となります。常用する温度は110℃以上、しかも当初残留していた大気は、設定条件への到達過程において、温度の上昇に伴って水蒸気とともに排気され、試験温湿度に達した際には、槽内には空気が存在せず、100℃以上の水蒸気のみの環境となります。

槽内は、排気弁が開いている間は、周囲の気圧より少し高く、したがって、この状態では、水はほぼ100℃までしか上昇しません。そこで、残留空気がほとんど排気されたとする100℃近傍で弁を閉め、完全密閉空間を造り、さらに加湿用水を加熱すると、100℃以上の水蒸気が発生し、圧力も上昇するというわけです。実はこの排気弁の制御は、当時、加湿水温（蒸気温度でもある）を検知して開閉する機構を採用していました。ところが、1,000mを越える高度になると、加湿水が100℃に達する前に沸騰点に達して、いつまでも排気弁が閉じず、槽内の加湿水が全て蒸発して槽外に排出され、加湿水用ヒータが空焚き状態となり過熱し、保護装置が働いて装置が停止したというわけです。

この事例は、環境試験装置は、そもそも平地で使用され、その周囲環境の中で得られない環境を、平地の環境をベースとして、試験装置の中で再現するのが本来の機能であるとの潜在意識が仇となったものでありました。結果的には、排気弁の開閉ポイントをいくぶん低く再調整（温度設定を100℃以下に）したというわけです。

5-4 質の違いによって生じた「破壊」の事例

これは、全くの受け売りの未確認情報です。要点だけお話します。

湾岸戦争当時、多国籍軍が中東の砂漠へ戦車を用いて作戦行動を実施したときのこと。アメリカ軍の戦車のキャタピラは、なんと4日で使い物にならなくなったとの話です。そう言えば、かなり古い話ですが、砂塵試験装置の製造過程で、何らかの事情で、MILで規定されているアリゾナ砂漠の砂が入手できないので、神戸の須磨海岸の砂を使ったところ、あっという間に装置内の熱交換器（プレートフィンクーラ）に穴が空いたということを聞いたことがあります。後で聞いた話によると、ある重機メーカのブルドーザもアラビア地域で同様な不具合を呈したということです。単に、砂漠の砂といっても、場所によって、これほどまでに質が違うのです。

余談ですが、このように輸出向け製品や現地持ちこみ製品の場合には、その現地の諸環境をよく知らないととんだ失敗を生じます。とはいえ、現実の環境は、その場面にならないとなかなか分からないものでありまして、例えば、各種の国際規格といえども、試験規格をそのままの形でクリアーしたからと言って決して安心はできません。（もっとも、これらの規格のなかに、「この試験方法で試験をすれば、その製品の全てを保証します。」とはどこにも書いてありません）。この辺の事情は、「失敗の経験」の積み上げがないと収得するには難しすぎるのが実態であります。

最近は、デジタル化・ビジュアル化の時代でもあります。努力すれば、かなりの世界の環境情報を入手することも、それほど困難なことではなくなりつつあります。例えば、新聞、雑誌、旅行案内書、TVドキュメントやニュースなどの国際報道もとらえかた一つといえます。その場合、目に見える情報だけで判断するのではなく、環境の質を見落すことのないよう、常に自分の体で細かく物事を見る、つかむ、考える、イメージする習慣を養っておく訓練が必要かと思います。

6. まとめ

環境試験についての雑事項を、しかも雑多に述べてきました。できる限り一般の信頼性に関する参考書や文献にはない事柄を取り上げたつもりです。多分に精神論的な記述になってしまいましたが、著者として解説できるのはここまでで、その中身を具体的に作ることは、あなたの仕事となります。

今日では、環境試験の技術も充実し、その方法も基本的なものについては、ほぼ出揃ったと言えるでしょう。事実、代表的な環境試験規格であるIEC60068シリーズの試験方法も出尽くした状況にあり、新規の試験方法はこれと言った提案が出てこないのが現状です。さらに、故障事例に基づいた故障解析に関する文献の出版や講演・シンポジウムの開催される機会といったものは、メーカサイドが嫌がるのか、そう多くありません。ここは、自らが行動して情報を集める以外に方法がないようです。

とはいえ、このような状況の中にあって、製品に関わる全ての試験を実施することは、昨今、コストと資源の観点からのみ見ても適当とはいえなくなってきました。また、開発や研究の途上においても、想定した試験項目のすべてを実施しなければならないかどうかは、多いに疑問であります。

そこで、最後の「環境試験のつぼ」についてまとめておくことにします。

1）いかに仕事を“①まじめにサボる”かが大変重要になります。まさしく現代流の仕事のノウハウであり、かつ“つぼ”なのです。（適度な合理性が必要で、従属的な「クソまじめ」は、賢いやりかたとはいえなくなりました。）頭を使わなければなりません。知恵を働かすのです。そのためには、本当の②基礎知識と学力がものをいいます。「ご用とお急ぎの方」向けのハウツー的手法では物事の本質に迫ることはできません。
2）ただし、あなたが単にルーチン業務であると割り切って環境試験を実施するのであれば、既存のマニュアルに従えばよいのです。余計なことを考えなくても仕事はこなせます。（現代は、そこまで細分化が進んでいると割り切ればよいのです。）余計なことが本当に余計なことになる場合だってあるのです。
3）詰まるところ、時間はかかりますが、基礎学力と③経験の蓄積が環境試験技術を充実させるのです。ただし、この技術も周辺技術の進展に伴って、常に変遷（陳腐化を含め）していることを忘れないでください。
4）余計なことですが、ここでいうところの基礎学力とは、語学、数学、物理と化学に関するものです。それとできれば、技術史のことです（ただし、これはあくまで私見です。）

さて「つぼ」とはかけ離れますが、環境試験技術の差し迫った問題点として、

1）一面、いろいろな技術的経験の蓄積である環境試験技術も、次世代に継承していくことが大切であり、固有技術的な側面やノウハウと呼ばれる隠された情報をいかにして具体的な情報に換えていくか、いかにして継承活動を実施していくか、大変重要な局面に今さしかかろうとしていることを認識すべきです。
2）今のところ、全ての環境試験項目を網羅できるソフトが開発されているわけではありませんが、過去のデータの詳細と理論の構築によって、シミュレーションや解析評価技法が確立されるようになると、近い将来にはコンピュータによる「バーチャル試験」が可能になるのではないかと思っています。各種の環境試験装置を直接用いる現行の試験技法が果たす役割は、ゆっくりと確実に少なくなるに違いないと思っています。

少子化時代を迎え、人海戦術で物事を解決することは、ますます困難になってきています。今こそ、人間の品質を向上させる施策を大胆に実施し、State-of-the artsを最大限度に活用できる人材の育成こそ必要ではないかと思うのですが。

最後に、環境試験を計画し、実施し、結果として製品の信頼性を確保する行為は、その対象物が例え無生物である工業製品であっても、あくまでも生身の人間がその全ての主体であって、あなたが主役であることを忘れないでください。

1年の長期間ご愛読いただき、ありがとうございました。これで終わります。

TOPICS 1

環境情報展示施設
「フューチャーラボ」のリニューアル

前川　剛司＊

1. はじめに

タバイエスペックでは、宇都宮市清原工業団地内の事業所（宇都宮テクノコンプレックス）に、環境問題に関する「情報」の提供および公開施設としての「場」の提供による社会的貢献を目的とした展示館を設置しています。

展示館は、平成7年、経済産業省の外郭団体である新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）との太陽光発電共同研究をスタートした際にオープンし、このたび研究開発期間5年の終了に伴い、平成12年10月16日に最新の情報へとリニューアルしました。

2. 展示内容

環境問題、太陽光発電、リサイクル、免震構造などについて各コーナーを設けて、お子様から大人の方まで、見て、触って、楽しんでもらえる展示館を目指してリニューアルしました。

ソーラーコーナー
太陽光発電に関することを詳しく説明しています。
太陽光発電の仕組みや実際のモジュール、原材料の実物の設置、家庭用のソーラーシステムに関する説明やソーラー電池を使った応用製品、当社も参加しているソーラーカーレースに関する解説・レースのVTRなどを展示し、地球にやさしいソーラーパワーをわかりやすくご紹介しています。
また、光の力により電気を作って物を動かすことが体験できる「ソーラーカーレースゲーム」を設置し、ソーラーパワーを楽しみながら実感できるようにしています。

環境問題コーナー
3人のキャラクター（ラボ博士・エコちゃん・eくん）が出迎えてくれます。現在、いろいろと取りざたされている環境問題について、わかりやすく、小学生にも理解できるように、絵本タイプの読み物として展示しています。また、パソコンタッチパネルによるゲームコーナーも設けています。

リサイクルコーナー
今回のリニューアルで新設しました。特にゴミの分別については、宇都宮市で実施されている分別の状況と、当事業所で実施している廃棄物の分別に関し、実際の廃棄物を使用して展示しています。また、コンポスト容器・生ゴミ処理機購入に関する情報やグリーン調達などを解説しています。
展示棚には、ペットボトルや食品トレイなどを再利用して作られた手袋や文房具などのリサイクル商品や、空き缶つぶし機などを展示して、リサイクルに関する啓発をおこなっています。

免震コーナー
展示館自体は地震が発生しても揺れが少ない免震構造となっており、免震装置の仕組みが外部から見えるようになっています。
免震装置に関して、動作モデルやパソコンでわかりやすく解説しています。また、免震に関するクイズも用意し、楽しみながら免震について知ることができます。

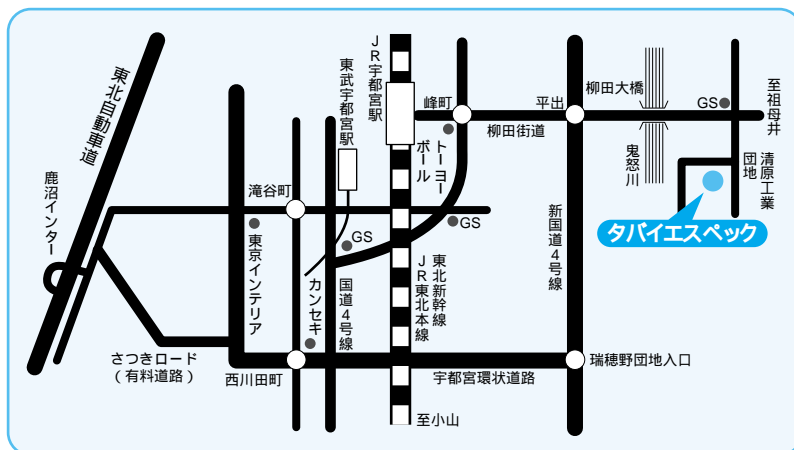
＊UTC 管理グループ

その他の展示には、次のようなものがあります。
①太陽光集光装置「ひまわり」
②試乗用ミニソーラーカー
③家庭のエコチェックや省エネのアイデア集を見ることのできるパソコンソフト「省エネアースくん」
④牛乳パックからつくった葉書で5年後の自分へ手紙を出す「未来へのメールコーナー」
⑤ケナフの成長過程とケナフを使用した関連商品
⑥植物工場コーナー／コンテナ型植物工場
⑦パソコンゲーム「地球救出大作戦」
⑧環境やエコロジーに関する書籍コーナー

楽しみながらご理解いただくことにより、環境をテーマに活動するタバイエスペックの考え方や取り組みをお伝えしていきたいと思っておりますので、どうぞご活用ください。
皆様の多数のご来館をお待ちしております。

展示館を「フューチャーラボ」と名付けています。これは近未来（フューチャー）のテクノロジーを体験できる研究室（ラボラトリー）という意味で、外観形状も、「未知」あるいは「未来の夢」を常にわたしたちに与えてくれる宇宙船「スペースラボ」をイメージしています。

○開館時間／9：00　○閉館時間／16：30
○休館日　祝祭日・当社の定めた休日（無料公開）
〒321-32 栃木県宇都宮市清原工業団地23-1
TEL.028-667-8730（代）FAX.028-667-8733
● JR宇都宮駅より車で約15分。
●東北自動車道「鹿沼インター」より車で40分。

お気軽にお越しください。

TOPICS 2

公益信託　エスペック地球環境研究・技術基金
＝平成13年度　助成対象者募集＝

浜田　牧子*

平成10年3月に設立し、今年で4年目を迎えました。当基金では、地球環境問題の解決に資する調査研究、観測監視または技術開発をしようとする大学、大学院またはそれらに付属する研究機関の構成員またはそのグループを対象として、下記の要領で広く助成対象者を募集いたします。
多数の方の応募をお待ちしております。

公益信託 エスペック地球環境研究・技術基金　＝ 平成13年度応募要項（概要）＝

1. 目的	この公益信託は、地球環境保全に関する科学的、技術的な知見を高める各種活動のための費用の一部または全部を助成することにより、地球環境問題の克服に寄与することを目的としています。
2. 助成対象者	地球環境問題の解決に資する調査研究、観測監視または技術開発をしようとする大学、大学院またはそれらに付属する研究機関の構成員またはそのグループを対象とします。
3. 助成金額	平成13年度の助成総額は、250万円程度で、2～5件の助成となります。
4. 応募方法	所定の申請書を安田信託銀行株式会社（下記）からお取り寄せください。申請書の必要事項をご記入のうえ、安田信託銀行株式会社宛お送りください。
5. 応募期間	平成13年4月1日～同年5月31日（必着）
6. 申請書取り寄せ先 問い合わせ先	〒530-0057 大阪市北区曽根崎2丁目11番16号　安田信託銀行株式会社　大阪支店 法人営業部 公益信託 エスペック地球環境研究・技術基金 宛　TEL：06-6313-4713　FAX：06-6313-4724

★ 応募要項の詳細は、弊社ホームページ（http://www.espec.co.jp/）でご覧になれます。

＊技術企画室

ESPEC技術情報

・発行日……2001年4月1日発行（年4回発行）
・発　行……タバイエスペック株式会社
　　　　　　大阪市北区天神橋3-5-6　〒530-8550

●本誌に関するお問い合わせは
タバイエスペック株式会社「ESPEC技術情報」編集室までお申し付けください。
TEL.06-6358-4511　FAX.06-6358-5505

タバイ エスペック 株式会社

本社	大阪市北区天神橋3-5-6　〒530-8550 TEL.06-6358-4741代表	FAX.06-6358-5500
東京本部	東京都江東区東砂8-5-1　〒136-0074 TEL.03-5633-7290代表	FAX.03-5633-7303
東京本部 横浜オフィス	横浜市保土ヶ谷区神戸町134　〒240-0005 横浜ビジネスパーク・ウエストタワー8F TEL.045-336-6410代表	FAX.045-336-6411
仙台	TEL.022-218-1891	FAX.022-218-1894
大宮	TEL.048-643-1918	FAX.048-645-1597
つくば	TEL.0298-54-7805	FAX.0298-54-7785
日野	TEL.042-584-2175	FAX.042-584-2124
松本	TEL.0263-48-0401	FAX.0263-48-0410
静岡	TEL.054-237-8000	FAX.054-238-3441
名古屋	TEL.052-777-2551代表	FAX.052-777-2575
金沢	TEL.076-260-8030	FAX.076-260-8033
大阪	TEL.06-6358-4746	FAX.06-6358-5500
広島	TEL.082-830-5211	FAX.082-876-5050
新居浜	TEL.0897-41-3163	FAX.0897-43-1139
福岡	TEL.092-471-0932	FAX.092-474-3500
神戸	TEL.078-822-4645	FAX.078-822-4689
京都	TEL.075-315-1232代表	FAX.075-311-6305
滋賀	TEL.0748-72-5077	FAX.0748-72-5070
海外駐在員事務所 （中国 北京）	TEL.86-10-65915691～2	FAX.86-10-65915693
（中国 廣州）	TEL.86-20-83633001	FAX.86-20-83633102

海外関係会社
ESPEC CORP.(U.S.A.)
塔巴依爱斯佩克環境儀器(上海)有限公司(中華人民共和国)
上海爱斯佩克環境設備有限公司(中華人民共和国)
廣州爱斯佩克環境儀器有限公司(中華人民共和国)
廣州賽爱環境保護技術開発有限公司(中華人民共和国)
ESPEC (MALAYSIA)SDN.BHD.

タバイ エスペック サービス 株式会社

本社	寝屋川市太間東町23-12　〒572-0072 TEL.072-834-1191代表	FAX.072-834-7755
仙台	TEL.022-218-1891	FAX.022-218-1894
宇都宮	TEL.028-667-8734	FAX.028-667-8733
大宮	TEL.048-643-1918	FAX.048-640-5807
つくば	TEL.0298-54-7805	FAX.0298-54-7785
高崎	TEL.027-320-8571	FAX.027-320-8574
千葉	TEL.043-286-6020	FAX.043-286-6022
日野	TEL.042-584-2175	FAX.042-584-2124
横浜	TEL.045-847-2696	FAX.045-847-2619
東京	TEL.03-3752-8601代表	FAX.03-3752-8625
厚木	TEL.0463-94-9433	FAX.0463-94-6542
松本	TEL.0263-48-0401	FAX.0263-48-0410
静岡	TEL.054-237-8000	FAX.054-238-3441
名古屋	TEL.052-777-2551代表	FAX.052-777-2575
津	TEL.059-233-5400	FAX.059-233-5411
金沢	TEL.076-260-8030	FAX.076-260-8033
大阪	TEL.072-834-1191代表	FAX.072-834-7755
京都	TEL.075-311-8081代表	FAX.075-311-6305
滋賀	TEL.0748-72-8077	FAX.0748-72-5070
兵庫	TEL.078-841-4085	FAX.078-822-4689
姫路	TEL.0792-22-8461	FAX.0792-22-8490
広島	TEL.082-830-5211	FAX.082-876-5050
新居浜	TEL.0897-41-3163	FAX.0897-43-1139
福岡	TEL.092-471-0932	FAX.092-474-3500
BANGKOK	TEL.66-2-881-1637	FAX.66-2-433-1679

JIS Z9901-1998
登録番号 JSAQ-004

JAB 認定登録番号
R001

ISO 9001(JIS Z9901)審査登録取得

タバイエスペックは(財)日本規格協会(JSA)より国際規格ISO 9001:1994(JIS Z9901-1998)に基づく品質システムの審査登録を取得しています。

タバイエスペックのISO 9001審査登録取得対象製品（業務内容）

環境試験機器，環境試験装置，生産用環境装置，半導体試験装置の開発・設計・製造・据え付け並びに付帯サービス

登録範囲に含まれる関連事業所
・タバイエスペックサービス株式会社
　アフターサービス業務、環境試験装置の据え付け
・株式会社　タバイ環境設備
　環境試験装置の設計、製造、据え付け

JIS Q 14001-1996

ISO 14001(JIS Q 14001)審査登録取得

タバイエスペック福知山工場、宇都宮テクノコンプレックス、タバイエスペック東京本部、タバイエスペックサービス本社事業所、タバイ環境設備大東事業所は(株)日本環境認証機構(JACO)より国際規格ISO 14001:1996(JIS Q 14001-1996)に基づく環境マネジメントシステムの審査登録を取得しています。

タバイエスペックグループのISO 14001審査登録取得範囲

組織名	登録番号	登録範囲
タバイエスペック福知山工場	EC99J2046	同組織全域における環境試験機器および半導体試験装置の設計、製造
タバイエスペック宇都宮テクノコンプレックス	EC96J1081	同組織全域におけるバーンイン装置および計測システム製品の開発、設計、製造
タバイエスペックサービス本社事業所	EC97J1050	同組織全域における環境試験機器、半導体試験装置等の設置と点検および保守作業
タバイ環境設備大東事業所	EC98J1033	同組織全域における環境試験装置の製造、据え付け
タバイエスペック東京本部	EC00J0257	同組織全域（敷地・建屋・設備）における事業活動・製品・サービス

本誌は再生紙および大豆油インクを使用しています。